PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-012923
(43)Date of publication of application : 16.01.1998

(51)Int.Cl. H01L 33/00
H01S 3/18

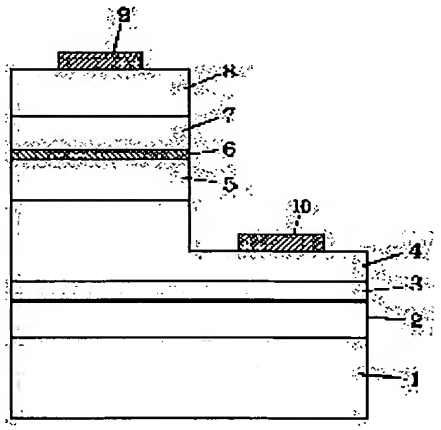
(21)Application number : 09-055221
(22)Date of filing : 10.03.1997

(71)Applicant : SANYO ELECTRIC CO LTD
(72)Inventor : KUNISATO TATSUYA
KANO TAKASHI
UEDA YASUHIRO
MATSUSHITA YASUHIKO
YAGI KATSUMI

(30)Priority
Priority number : 08107833 Priority date : 26.04.1996 Priority country : JP

(54) LIGHT-EMITTING DEVICE AND MANUFACTURE THEREOF

(57)Abstract:
PROBLEM TO BE SOLVED: To improve light emission intensity of a light-emitting device by forming, on a first semiconductor layer formed at a first crystal growth temperature, a second semiconductor layer at the same temperature or a lower growth temperature, and then forming a third semiconductor layer at a growth temperature higher than the first crystal growth temperature.
SOLUTION: A substrate 1 on which a buffer layer 2, an underlying layer 3 and an n-type contact layer 4 are formed is held at a single crystal growth temperature, thus growing an InGaN active layer 5 doped with single crystal Si and Zn on the n-type contact layer 4. Then, the substrate 1 is held at the same temperature as the growth temperature of the active layer 5 or a lower temperature, thus growing a single crystal GaN gap layer 6 on the InGaN active layer 5. After that, the substrate 1 is held at a temperature higher than the foregoing single crystal growth temperature, thus growing a p-type AlGaN clad layer 7 doped with single crystal Mg on the GaN gap layer 6. Then, the substrate 1 is held at the same temperature, thus growing a p-type GaN contact layer 8 doped with single crystal Mg on the p-type clad layer 7.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]	12.10.2000
[Date of sending the examiner's decision of rejection]	
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]	
[Date of final disposal for application]	
[Patent number]	3448450
[Date of registration]	04.07.2003

BEST AVAILABLE COPY

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12) 公開特許公報（A）　(11)特許出願公開番号

特開平10－12923

(43)公開日　平成10年(1998) 1月16日

(51)Int.Cl.[6]	識別記号	庁内整理番号	ＦＩ		技術表示箇所
Ｈ０１Ｌ　33/00			Ｈ０１Ｌ　33/00	Ｃ	
Ｈ０１Ｓ　3/18			Ｈ０１Ｓ　3/18		

審査請求　未請求　請求項の数24　ＯＬ　（全 11 頁）

(21)出願番号　特願平9－55221

(22)出願日　平成９年(1997) ３月10日

(31)優先権主張番号　特願平8－107833

(32)優先日　平８(1996) ４月26日

(33)優先権主張国　日本（ＪＰ）

(71)出願人　000001889
三洋電機株式会社
大阪府守口市京阪本通２丁目５番５号

(72)発明者　園里　竜也
大阪府守口市京阪本通２丁目５番５号　三洋電機株式会社内

(72)発明者　狩野　隆司
大阪府守口市京阪本通２丁目５番５号　三洋電機株式会社内

(72)発明者　上田　康博
大阪府守口市京阪本通２丁目５番５号　三洋電機株式会社内

(74)代理人　弁理士　福島　祥人

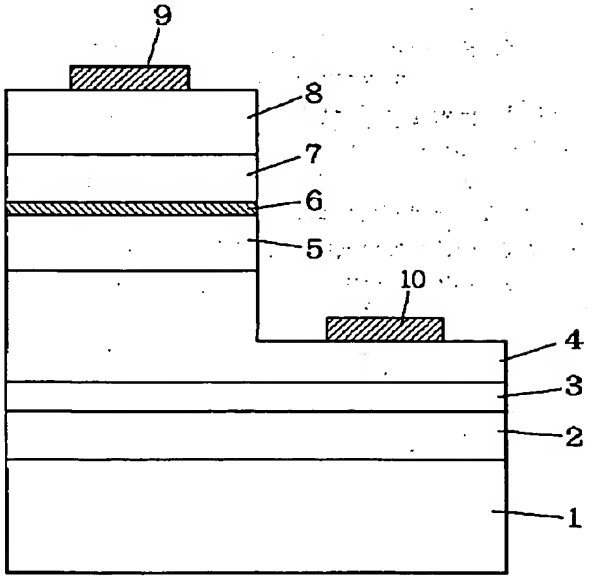
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　発光素子およびその製造方法

(57)【要約】

【課題】　高い発光強度を有する発光素子およびその製造方法を提供することである。

【解決手段】　発光素子は、第１導電型のIII －Ｖ族窒化物系半導体からなるクラッド層兼コンタクト層４と、コンタクト層４上に形成されＩｎを含有するIII－Ｖ族窒化物系半導体からなる活性層５と、活性層５上に形成されIII －Ｖ族窒化物系半導体からなるアンドープのキャップ層６と、キャップ層６上に形成され第２導電型のIII －Ｖ族窒化物系半導体からなるクラッド層７とを備える。



BEST AVAILABLE COPY

1

【特許請求の範囲】

【請求項１】　結晶成長可能な第１の成長温度で形成された第１の半導体層と、
前記第１の半導体層上に前記第１の成長温度とほぼ同じかまたは低い第２の成長温度で形成された第２の半導体層と、
前記第２の半導体層上に前記第１の成長温度よりも高い第３の成長温度で形成された第３の半導体層とを備えたことを特徴とする半導体素子。

【請求項２】　前記第１の半導体層はインジウムを含むことを特徴とする請求項１記載の半導体素子。

【請求項３】　第１導電型の化合物半導体からなる第１のクラッド層と、
インジウムを含む化合物半導体からなる活性層と、
化合物半導体からなるキャップ層と、
第２導電型の化合物半導体からなる第２のクラッド層とをこの順に備えたことを特徴とする発光素子。

【請求項４】　前記第１のクラッド層は第１導電型の窒化物系半導体からなり、
前記活性層は窒化物系半導体からなり、
前記キャップ層は窒化物系半導体からなり、
前記第２のクラッド層は第２導電型の窒化物系半導体からなることを特徴とする請求項３記載の発光素子。

【請求項５】　前記第１のクラッド層は第１導電型のIII －V族窒化物系半導体からなり、
前記活性層はIII －V族窒化物系半導体からなり、
前記キャップ層はIII －V族窒化物系半導体からなり、
前記第２のクラッド層は第２導電型のIII －V族窒化物系半導体からなることを特徴とする請求項３または４記載の発光素子。

【請求項６】　前記活性層はＩｎＧａＮからなることを特徴とする請求項３、４または５記載の発光素子。

【請求項７】　前記キャップ層は$Al_u Ga_{1-u} N$からなり、
前記第２のクラッド層は第２導電型の$Al_z Ga_{1-z} N$からなり、
前記キャップ層のＡｌ組成比ｕは前記第２のクラッド層のＡｌ組成比ｚよりも小さいことを特徴とする請求項３～６のいずれかに記載の発光素子。

【請求項８】　前記キャップ層はＧａＮからなることを特徴とする請求項３～７のいずれかに記載の発光素子。

【請求項９】　前記キャップ層は、前記活性層よりも大きなバンドギャップを有することを特徴とする請求項３～８のいずれかに記載の発光素子。

【請求項１０】　前記キャップ層は、前記活性層と前記第２のクラッド層との中間のバンドギャップを有することを特徴とする請求項３～９のいずれかに記載の発光素子。

【請求項１１】　前記キャップ層の不純物濃度は、前記第２のクラッド層の不純物濃度よりも低いことを特徴とする請求項３～１０のいずれかに記載の発光素子。

2

【請求項１２】　前記キャップ層はアンドープ層であることを特徴とする請求項３～１１のいずれかに記載の発光素子。

【請求項１３】　前記キャップ層の厚さはほぼ２００Å以上ほぼ４００Å以下であることを特徴とする請求項３～１２のいずれかに記載の発光素子。

【請求項１４】　第１の半導体層を結晶成長可能な第１の成長温度で気相成長法により形成する工程と、
前記第１の半導体層上に第２の半導体層を前記第１の成長温度とほぼ同じかまたは低い第２の成長温度で気相成長法により形成する第２の工程と、
前記第２の半導体層上に第３の半導体層を前記第１の成長温度よりも高い第３の成長温度で気相成長法により形成する第３の工程とを含むことを特徴とする半導体素子の製造方法。

【請求項１５】　インジウムを含有する化合物半導体からなる活性層を気相成長法により形成する工程と、
前記活性層上に前記活性層の成長温度とほぼ同じかまたは低い成長温度で化合物半導体からなるキャップ層を気相成長法により形成する工程とを含むことを特徴とする発光素子の製造方法。

【請求項１６】　前記活性層は窒化物系半導体からなり、
前記キャップ層は窒化物系半導体からなることを特徴とする請求項１５記載の発光素子の製造方法。

【請求項１７】　前記活性層はIII －V族窒化物系半導体からなり、
前記キャップ層はIII －V族窒化物系半導体からなることを特徴とする請求項１５または１６記載の発光素子の製造方法。

【請求項１８】　前記活性層はＩｎＧａＮからなることを特徴とする請求項１５、１６または１７記載の発光素子の製造方法。

【請求項１９】　前記キャップ層はＧａＮまたはＡｌＧａＮからなることを特徴とする請求項１５～１８のいずれかに記載の発光素子の製造方法。

【請求項２０】　前記キャップ層を７００℃以上９５０℃以下の成長温度で形成することを特徴とする請求項１５～１９のいずれかに記載の発光素子の製造方法。

【請求項２１】　前記キャップ層はアンドープ層であることを特徴とする請求項１５～２０のいずれかに記載の発光素子の製造方法。

【請求項２２】　前記キャップ層を前記活性層の成長温度とほぼ等しい成長温度で形成することを特徴とする請求項１５～２１のいずれかに記載の発光素子の製造方法。

【請求項２３】　前記活性層は、ＩｎＧａＮ量子井戸層とＧａＮ量子障壁層とからなる量子井戸構造を有し、
前記ＧａＮ量子障壁層を７００℃以上９５０℃以下の成

長温度で形成することを特徴とする請求項１５～２２のいずれかに記載の発光素子の製造方法。

【請求項２４】　請求項３～１３のいずれかに記載の発光素子を用いた電子機器。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体素子、発光素子およびその製造方法ならびに発光素子を用いた電子機器に関する。

【０００２】

【従来の技術】ＧａＮ、ＡｌＧａＮ、ＩｎＧａＮまたはＩｎＡｌＧａＮ等のIII －Ｖ族窒化物系半導体からなる発光ダイオードや半導体レーザ素子等の発光素子は、直接遷移によって発光強度の大きい黄色から紫外領域の発光、特に青色発光が可能なことから注目されている。

【０００３】図８は従来のIII －Ｖ族窒化物系半導体からなる発光ダイオードを示す模式的断面図である。

【０００４】図８において、サファイヤ基板１０１上に、ＧａＮバッファ層１０２、ｎ型クラッド層でもあるｎ型ＧａＮコンタクト層１０３、ＩｎＧａＮ活性層１０４、ｐ型ＡｌＧａＮクラッド層１０５およびｐ型ＧａＮコンタクト層１０６が順に形成されている。ｐ型ＧａＮコンタクト層１０６上にｐ側電極１０７が形成され、ｎ型ＧａＮコンタクト層１０３上にｎ側電極１０８が形成されている。

【０００５】この発光ダイオードの各層は、例えば、下記表１に示す成長温度で有機金属化学気相成長法（ＭＯＣＶＤ法）により成長される。

【０００６】

【表１】

層名	成長温度（℃）
バッファ層１０２	６００
ｎ型コンタクト層１０３	１１５０
活性層１０４	８６０
ｐ型クラッド層１０５	１１５０
ｐ型コンタクト層１０６	１１５０

【０００７】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記の発光ダイオードの製造時には、ｐ型ＡｌＧａＮクラッド層１０５は、ＩｎＧａＮ活性層１０４上に結晶性良く成長するように、ＩｎＧａＮ活性層１０４の成長温度よりも高い成長温度で形成される。このような高温でのｐ型ＡｌＧａＮクラッド層１０５の成長時にＩｎＧａＮ活性層１０４からＩｎ等の構成元素が脱離する。これにより、ｐ型ＡｌＧａＮクラッド層１０５の結晶成長時にＩｎＧａＮ活性層１０４の結晶性が劣化する。この結果、発光ダイオードの発光強度を大きくすることが困難であった。

【０００８】本発明の目的は、高い発光強度を有する発光素子およびその製造方法を提供することである。

【０００９】

【課題を解決するための手段および発明の効果】第１の発明に係る半導体素子は、結晶成長可能な第１の成長温度で形成された第１の半導体層と、第１の半導体層上に第１の成長温度とほぼ同じかまたは低い第２の成長温度で形成された第２の半導体層と、第２の半導体層上に第１の成長温度よりも高い第３の成長温度で形成された第３の半導体層とを備えたものである。

【００１０】本発明に係る半導体素子においては、第１の半導体層上に第１の半導体層の成長温度とほぼ同じかまたは低い成長温度で第２の半導体層が設けられているので、第２の半導体層上に第３の半導体層を第１の半導体層の結晶成長可能な温度よりも高い成長温度で形成した場合でも、第１の半導体層から構成元素が脱離することが抑制される。したがって、第１の半導体層の結晶性の劣化が防止され、半導体素子の性能が向上する。

【００１１】第１の半導体層がインジウムを含んでもよい。この場合、第１の半導体層からインジウム等の構成元素が脱離することが抑制される。

【００１２】第２の発明に係る発光素子は、第１導電型の化合物半導体からなる第１のクラッド層と、インジウムを含む化合物半導体からなる活性層と、化合物半導体からなるキャップ層と、第２導電型の化合物半導体からなる第２のクラッド層とをこの順に備えたものである。

【００１３】本発明に係る発光素子においては、活性層上にキャップ層が設けられているので、活性層からインジウム等の構成元素が脱離することが抑制される。その結果、発光強度を大きくすることができる。

【００１４】第１のクラッド層は第１導電型の窒化物系半導体からなり、活性層は窒化物系半導体からなり、キャップ層は窒化物系半導体からなり、第２のクラッド層は第２導電型の窒化物系半導体からなる。

【００１５】第１のクラッド層は第１導電型のIII －Ｖ族窒化物系半導体からなり、活性層はIII －Ｖ系窒化物系半導体からなり、キャップ層はIII －Ｖ族窒化物系半導体からなり、第２のクラッド層は第２導電型のIII －Ｖ族窒化物系半導体からなってもよい。キャップ層が活性層上の全面に密接して形成されることが好ましい。

【００１６】活性層がＩｎＧａＮ層からなってもよい。この場合、インジウムは脱離しやすいので、顕著な効果

が得られる。キャップ層はＡｌＧａＮ層からなってもよく、ＧａＮ層からなることが好ましい。

【００１７】キャップ層は$Al_uGa_{1-u}N$からなり、第２のクラッド層は第２導電型の$Al_zGa_{1-z}N$からなってもよく、キャップ層のＡｌ組成比ｕは第２のクラッド層のＡｌ組成比ｚよりも小さいことが好ましい。第１のクラッド層は、製造歩留りの観点からＧａＮからなることが好ましい。

【００１８】特に、キャップ層のＡｌ組成比ｕがほぼ０．１以下であることが好ましい。キャップ層がＧａＮからなることがより好ましい。この場合、キャップ層がＧａＮ層からなるので、活性層からインジウム等の構成元素が脱離することが抑制される。その結果、発光強度を顕著に大きくすることができる。

【００１９】キャップ層は、活性層よりも大きなバンドギャップを有することが好ましい。これにより、キャップ層が発光領域となることが防止される。

【００２０】また、キャップ層は、活性層と第２のクラッド層の中間のバンドギャップを有することが好ましい。これにより、動作電圧を低くすることが可能となる。

【００２１】キャップ層の不純物濃度は、第２のクラッド層の不純物濃度よりも低いことが好ましい。これにより、キャップ層側から活性層へ不所望な不純物が拡散するおそれが小さくなる。その結果、不所望な不純物拡散による発光強度の劣化を抑制することができる。

【００２２】特に、キャップ層がアンドープ層であることがより好ましい。この場合、キャップ層側から活性層へ不所望な不純物が拡散するおそれがほとんどなくなる。その結果、不所望な不純物拡散による発光強度の劣化を十分に抑制することができる。

【００２３】キャップ層の厚さはほぼ２００Å以上ほぼ４００Å以下であることが好ましい。これにより、発光強度を顕著に大きくすることが可能となる。

【００２４】第１のクラッド層は、半導体または絶縁体からなる基板上に$Al_xGa_{1-x}As$からなるバッファ層を介して形成されてもよく、バッファ層のＡｌ組成比ｘは０より大きく１以下であることが好ましい。これにより、製造歩留りが向上する。

【００２５】特に、バッファ層のＡｌ組成比ｘが０．４以上で１より小さいことがより好ましい。これにより、製造歩留りがより向上する。バッファ層のＡｌ組成比ｘが０．４以上０．６以下がさらに好ましい。これにより、製造歩留りがさらに向上する。

【００２６】発光素子が、バッファ層と第１のクラッド層との間に$Al_yGa_{1-y}N$からなる下地層をさらに備えてもよく、下地層のＡｌ組成比ｙは０以上で１より小さいことが好ましい。これにより、製造歩留りが向上する。

【００２７】第３の発明に係る半導体素子の製造方法は、第１の半導体層を結晶成長可能な第１の成長温度で気相成長法により形成する工程と、第１の半導体層上に第２の半導体層を第１の成長温度とほぼ同じかまたは低い第２の成長温度で気相成長法により形成する第２の工程と、第２の半導体層上に第３の半導体層を第１の成長温度よりも高い第３の成長温度で気相成長法により形成する第３の工程とを含む。

【００２８】本発明の製造方法によれば、第１の半導体層上に第２の半導体層が第１の半導体層の成長温度とほぼ同じかまたは低い成長温度で形成されるので、第２の半導体層上に第１の半導体層の結晶成長可能な温度よりも高い成長温度で第３の半導体層を形成した場合でも、第１の半導体層から構成元素が脱離することが抑制される。したがって、第１の半導体層の結晶性の劣化が防止され、高性能の半導体素子が得られる。

【００２９】第４の発明に係る発光素子の製造方法は、インジウムを含有する化合物半導体からなる活性層を気相成長法により形成する工程と、活性層上に活性層の成長温度とほぼ同じかまたは低い成長温度で化合物半導体からなるキャップ層を気相成長法により形成する工程とを含む。

【００３０】本発明に係る製造方法によれば、活性層上に活性層の成長温度とほぼ同じかまたは低い成長温度でキャップ層が形成されるので、活性層からインジウム等の構成元素が脱離することが抑制される。その結果、発光強度を大きくすることができる。

【００３１】本発明の製造方法は、キャップ層上に活性層が結晶成長可能な成長温度よりも高い成長温度で化合物半導体からなるクラッド層を気相成長法により形成する工程をさらに含んでもよい。

【００３２】活性層は窒化物系半導体からなり、キャップ層は窒化物系半導体からなってもよい。クラッド層は一導電型の窒化物系半導体からなってもよい。

【００３３】活性層はIII －Ｖ族窒化物系半導体からなり、キャップ層はIII －Ｖ族窒化物系半導体からなってもよい。クラッド層は一導電型のIII －Ｖ族窒化物半導体からなってもよい。特に、活性層がＩｎＧａＮ層からなってもよい。この場合、インジウムは脱離しやすいので、顕著な効果が得られる。

【００３４】キャップ層は$Al_uGa_{1-u}N$からなり、クラッド層は一導電型の$Al_zGa_{1-z}N$からなり、キャップ層のＡｌ組成比ｕはクラッド層のＡｌ組成比ｚよりも小さいことが好ましい。

【００３５】特に、キャップ層のＡｌ組成比ｕがほぼ０．１以下であることが好ましい。キャップ層がＧａＮからなることがさらに好ましい。この場合、キャップ層がＧａＮ層からなるので、活性層からインジウム等の構成元素が脱離することが抑制される。この結果、発光強度を顕著に大きくすることができる。

【００３６】特に、キャップ層がアンドープ層であるこ

とが好ましい。この場合、キャップ層側から活性層側へ不所望な不純物が拡散するおそれがほとんどなくなる。その結果、不所望な不純物拡散による発光強度の劣化を十分に抑制することができる。

【００３７】キャップ層の厚さはほぼ２００Å以上ほぼ４００Å以下であることが好ましい。これにより、発光強度を顕著に大きくすることが可能となる。

【００３８】キャップ層を活性層の成長温度とほぼ同じ成長温度で形成することが好ましい。この場合、活性層の形成後に時間間隔をあけずにキャップ層を連続的に形成することができるので、活性層からの構成元素の脱離を顕著に防止することができる。

【００３９】キャップ層の成長温度は、活性層が単結晶成長する温度であることが好ましい。活性層の成長温度は７００℃以上９５０℃以下であることが好ましい。キャップ層の成長温度は７００℃以上９５０℃以下であることが好ましい。この場合、活性層上に低い成長温度でキャップ層が形成されるので、活性層からインジウム等の構成元素が脱離することが抑制される。

【００４０】活性層は、ＩｎＧａＮ量子井戸層とＧａＮ量子障壁層とからなる量子井戸構造を有し、ＧａＮ量子障壁層を７００℃以上９５０℃以下の成長温度で気相成長法により形成することが好ましい。この場合、ＩｎＧａＮ量子井戸層からインジウム等の構成元素の脱離を抑制することができるので、発光強度を大きくすることができる。量子障壁層として量子井戸層よりもＩｎ組成の少ないＩｎＧａＮを用いてもよい。

【００４１】特に、発光素子の製造方法が、第１導電型の化合物半導体からなる第１のクラッド層を気相成長法により形成する工程と、第１のクラッド層上にインジウムを含有する化合物半導体からなる活性層を気相成長法により形成する工程と、活性層上に活性層が気相成長可能な温度とほぼ同じかまたは低い成長温度で化合物半導体からなるキャップ層を気相成長法により形成する工程と、キャップ層上に活性層が気相成長可能な温度よりも高い温度で第２導電型の化合物半導体からなる第２のクラッド層を気相成長法により形成する工程とを含んでもよい。

【００４２】第１のクラッド層は第１導電型の窒化物系半導体からなり、活性層は窒化物系半導体からなり、キャップ層は窒化物系半導体からなり、第２のクラッド層は第２導電型の窒化物系半導体からなってもよい。

【００４３】第１のクラッド層は第１導電型のIII －Ｖ族窒化物系半導体からなり、活性層はIII －Ｖ族窒化物系半導体からなり、キャップ層はIII －Ｖ族窒化物系半導体からなり、第２のクラッド層は第２導電型のIII －Ｖ族窒化物系半導体からなってもよい。

【００４４】基板上に、非単結晶のIII －Ｖ族窒化物系半導体からなるバッファ層およびアンドープのIII －Ｖ族窒化物系半導体からなる単結晶下地層をこの順で形成した後、第１のクラッド層、活性層、キャップ層および第２のクラッド層を結晶成長させることが好ましい。バッファ層はＡｌＧａＮからなることが好ましい。また、バッファ層がＡｌＮからなってもよい。下地層はＧａＮからなることが好ましく、下地層がＡｌＧａＮからなってもよい。

【００４５】第５の発明に係る電子機器は、第２の発明に係る発光素子を備えたものである。第２の発明に係る発光素子は、高い発光強度を有するので、電子機器の光学的性能が向上する。

【００４６】

【発明の実施の形態】以下、本発明の第１の実施例におけるIII －Ｖ族窒化物系半導体からなる発光ダイオードを図１を用いて詳細に説明する。

【００４７】図１において、サファイヤ絶縁基板１上に、層厚１１０ÅのアンドープのＡｌ$_x$ Ｇａ$_{1-x}$ Ｎ（ｘ＝０．５）バッファ層２、層厚０．２μｍのアンドープのＧａＮ下地層３、層厚４μｍのｎ型クラッド層を兼用するＳｉドープのｎ型ＧａＮコンタクト層４、およびＺｎおよびＳｉがドープされた層厚０．２μｍのＩｎ$_q$ Ｇａ$_{1-q}$ Ｎ（ｑ＝０．０５）活性層５が順に形成されている。ＩｎＧａＮ活性層５上には、その活性層５の結晶劣化を防止する層厚２００ÅのアンドープのＧａＮキャップ層６、Ｍｇがドープされた層厚０．１５μｍのｐ型Ａｌ$_z$ Ｇａ$_{1-z}$ Ｎ（ｚ＝０．２）クラッド層７、およびＭｇがドープされた層厚０．３μｍのｐ型ＧａＮコンタクト層８が順に形成されている。

【００４８】ｐ型ＧａＮコンタクト層８からｎ型ＧａＮコンタクト層４中の所定位置までの一部領域が除去され、ｎ型ＧａＮコンタクト層４が露出している。ｐ型ＧａＮコンタクト層８の上面にＡｕからなるｐ側電極９が形成され、ｎ型ＧａＮコンタクト層４が露出したｎ側電極形成領域上にＡｌからなるｎ側電極１０が形成されている。

【００４９】上記の発光ダイオードの製造方法を説明する。本実施例では、有機金属化学気相成長法（ＭＯＣＶＤ法）により各層が形成される。

【００５０】まず、有機金属化学気相成長装置内に基板１を設置した後、その基板１を非単結晶成長温度、例えば６００℃の成長温度（基板温度）に保持した状態にして、キャリアガスとしてH_2 およびN_2 、原料ガスとしてアンモニア、トリメチルガリウム（ＴＭＧ）およびトリメチルアルミニウム（ＴＭＡ）を用いて、基板１上に非単結晶のアンドープのＡｌＧａＮバッファ層２を成長させる。

【００５１】その後、基板１を単結晶成長温度、好ましくは１０００～１２００℃、例えば１１５０℃の成長温度に保持した状態にして、キャリアガスとしてH_2 およびN_2 、原料ガスとしてアンモニアおよびトリメチルガリウム（ＴＭＧ）を用いて、バッファ層２上に単結晶の

アンドープのＧａＮ下地層３を成長させる。

【００５２】続いて、基板１を単結晶成長温度、好ましくは１０００～１２００℃、例えば１１５０℃の成長温度に保持した状態で、キャリアガスとしてH_2 およびN_2、原料ガスとしてアンモニアおよびトリメチルガリウム（ＴＭＧ）、ドーパントガスとしてSiH_4 を用いて、下地層３上に単結晶のＳｉドープのｎ型ＧａＮコンタクト層４を成長させる。

【００５３】次に、基板１を単結晶成長温度、好ましくは７００～９５０℃、例えば８６０℃の成長温度に保持した状態にして、キャリアガスとしてH_2 およびN_2、原料ガスとしてアンモニア、トリエチルガリウム（ＴＥＧ）、トリメチルインジウム（ＴＭＩ）、ドーパントガスとしてSiH_4 およびジエチル亜鉛（ＤＥＺ）を用いて、ｎ型コンタクト層４上に単結晶のＳｉおよびＺｎドープのＩｎＧａＮ活性層５を成長させる。

【００５４】引き続いて、基板１を活性層５の成長温度と同じかもしくはこれよりも低い温度、本実施例では８６０℃に保持した状態で、キャリアガスとしてH_2 およびN_2、原料ガスとしてアンモニアおよびトリメチルガリウム（ＴＭＧ）を用いて、ＩｎＧａＮ活性層５上にその活性層５の成長に連続して単結晶のアンドープのＧａＮキャップ層６を成長させる。トリメチルガリウム（ＴＭＧ）の代わりにトリエチルガリウム（ＴＥＧ）を用いてもよい。

【００５５】その後、基板１を単結晶成長温度、好ましくは１０００～１２００℃、例えば１１５０℃の成長温度に保持した状態にして、キャリアガスとしてH_2 およびN_2、原料ガスとしてアンモニア、トリメチルガリウム（ＴＭＧ）およびトリメチルアルミニウム（ＴＭＡ）、ドーパントガスとしてCp_2Mg（シクロペンタジエニルマグネシウム）を用いて、ＧａＮキャップ層６上に単結晶のＭｇドープのｐ型ＡｌＧａＮクラッド層７を成長させる。

【００５６】次に、基板１を単結晶成長温度、好ましくは１０００～１２００℃、例えば１１５０℃の成長温度に保持した状態にして、キャリアガスとしてH_2 およびN_2、原料ガスとしてアンモニアおよびトリメチルガリウム（ＴＭＧ）、ドーパントガスとしてCp_2Mg（シクロペンタジエニルマグネシウム）を用いて、ｐ型クラッド層７上に単結晶のＭｇドープのｐ型ＧａＮコンタクト層８を成長させる。

【００５７】上記結晶成長後、基板１を上記装置から取り出し、ｐ型コンタクト層８からｎ型コンタクト層４の層途中までを反応性イオンビームエッチング法（ＲＩＥ法）によりエッチング除去して、ｎ型コンタクト層４が露出したｎ側電極形成領域を作製する。

【００５８】そして、ｐ型コンタクト層８およびｐ型クラッド層７のドーパントを活性化して高キャリア濃度にするとともに、ｎ型コンタクト層４のエッチングによる結晶劣化を回復するために、窒素雰囲気中、７５０℃～８００℃で３０～６０分熱処理を行う。

【００５９】その後、ｐ型コンタクト層８上にＡｕからなるｐ側電極９を蒸着法等により形成するとともに、ｎ型コンタクト層４の上記ｎ側電極形成領域上にＡｌからなるｎ側電極１０を蒸着法等により形成した後、５００℃で熱処理してｐ側電極９およびｎ側電極１０をそれぞれｐ型コンタクト層８およびｎ型コンタクト層４にオーミック接触させ、図１に示す発光ダイオードを形成する。

【００６０】この発光ダイオードは、ＩｎＧａＮ活性層５にアンドープのＧａＮキャップ層６が密接して形成された構成を有するので、ＩｎＧａＮ活性層５の形成中または形成後にその活性層５からＩｎ等の構成元素が脱離することが抑制される。この結果、活性層５の結晶欠陥の数が低減し、結晶性の劣化が抑制される。

【００６１】また、上記活性層５は結晶欠陥が少ないので、この活性層５へ不所望な不純物が拡散することが抑制されると考えられる。

【００６２】さらに、本実施例のＧａＮキャップ層６は、故意にドーパントを使用することなく形成される所謂アンドープ層であるので、ＩｎＧａＮ活性層５への不所望な不純物の拡散が十分に抑制される。

【００６３】このように、本実施例の場合、活性層５からの構成元素の脱離が抑制されて活性層５の結晶欠陥数が低減したことによる活性層５への不純物の拡散抑制効果と、キャップ層６がアンドープ層であることによる活性層５への不純物の拡散抑制効果の両効果により、活性層５への不所望な不純物拡散が顕著に抑制される。

【００６４】したがって、キャップ層６がない以外は本実施例と同じ発光ダイオードでは、発光波長のばらつきが大きく、また不発光あるいは低発光になる発光ダイオードの数が多いのに比べて、本実施例の発光ダイオードでは、発光波長のばらつきが小さく、発光強度が顕著に大きくなる。

【００６５】特に、本実施例の発光ダイオードの製造時には、ＩｎＧａＮ活性層５の全面直上にアンドープのＧａＮキャップ層６をＩｎＧａＮ活性層５の成長温度以下の温度、本実施例では８６０℃で成長させるので、このキャップ層６を形成する際に、ＩｎＧａＮ活性層５の構成元素の脱離を抑制できるとともに、キャップ層６を形成した後にＩｎＧａＮ活性層５からの構成元素の脱離を防止できる。したがって、本実施例の製造方法は好ましい製造方法である。

【００６６】特に、本実施例では、ＩｎＧａＮ活性層５およびＧａＮキャップ層６の成長温度をほぼ同じとしてこれらを連続的に成長させるので、ＩｎＧａＮ活性層５からの構成元素の脱離を十分に抑制できるとともに、量産性も向上する。

【００６７】なお、上述では、ＧａＮキャップ層６の層

厚を２００Åとしたときの発光強度が３４０（任意単位）であるのに対して、ＧａＮキャップ層６の層厚を１００Åとしたときは、キャップ層６がない場合よりは大きいが、発光強度が３６（任意単位）とほぼ１０分の１となった。また、ＧａＮキャップ層６の層厚を３００Åとしたときは、２００Åのときに比べて、発光強度が１．４倍となり、ＧａＮキャップ層６の層厚を４００Åとしたときは、２００Åとしたときの０．８倍となった。

【００６８】このことから、ＧａＮキャップ層６の層厚が２００～４００Åのときに好ましい効果が得られる。すなわち、ＧａＮキャップ層６の層厚は量子効果がほぼ生じない層厚以上が好ましいと推察される。

【００６９】さらに、本実施例では、基板１上に非単結晶のＡｌＧａＮバッファ層２を形成した後、単結晶成長条件でアンドープのＧａＮ単結晶下地層３を形成するので、容易に下地層３の表面性を顕著に良好にできる。この結果、素子のリーク電流を抑制でき、素子の製造歩留りを向上できる。

【００７０】なお、非単結晶のバッファ層２としてＧａＮ層を用いた場合、そのＧａＮ層の表面にピットが発生して貫通欠陥となりやすいため、バッファ層２としてＧａＮ層を用いることは製造歩留りの観点から好ましくない。アンドープの単結晶下地層３と組み合わせて用いられる非単結晶のバッファ層２としては、製造歩留りの観点からＡｌＮ層を用いることが好ましく、ＡｌＧａＮ層を用いることが最も好ましい。

【００７１】ＡｌＧａＮ層のＡｌ組成比を変えて表面状態およびＸ線回折スペクトルのＦＷＨＭ（半値全幅）を測定した。その測定結果を表２に示す。

【００７２】

【表２】

Al組成	表面状態	X線FWHM（arcsec）
1．0	良好	550
0．8	良好	504
0．6	良好	451
0．4	良好	390
0．2	ピット多い	428
0	ピット多い	不明

【００７３】表２の結果から、ＡｌＧａＮ層のＡｌ組成比は０．４以上で１より小さいことが好ましく、０．４以上０．６以下がさらに好ましい。

【００７４】また、アンドープの単結晶下地層３としては、ＧａＮ層のほか、ＡｌＧａＮ層を用いてもよいが、ＡｌＮ層を用いると表面にクラックが生じやすいので好ましくない。

【００７５】次に、本発明の第２の実施例におけるＩＩＩ－Ｖ族窒化物系半導体からなる発光ダイオードを説明する。

【００７６】本実施例が第１の実施例と異なるのは、キャップ層６としてアンドープのＧａＮ層に代えて層厚２００Åのアンドープの$Al_uGa_{1-u}N$層を用いた点である。ここで、ｕはほぼ０．１および０．２である。この$Al_uGa_{1-u}N$層もＭＯＣＶＤ法により形成され、成長温度は、活性層５の成長温度と同じかもしくはこれよりも低い温度、本実施例では８６０℃である。キャリアガスとしてはH_2およびN_2、原料ガスとしてはアンモニア、トリメチルガリウム（ＴＭＧ）およびトリメチルアルミニウム（ＴＭＡ）を用いる。トリメチルガリウム（ＴＭＧ）の代わりにトリエチルガリウム（ＴＥＧ）を用いてもよい。

【００７７】本実施例の発光ダイオードにおいても、キャップ層６を有さない発光ダイオードに比べて発光強度が顕著に大きくなることがわかった。

【００７８】しかしながら、第１の実施例で層厚２００ÅのアンドープのＧａＮキャップ層６の発光強度が４５０（任意単位）であるとした場合に比べて、第２の実施例でＡｌ組成比ｕが約０．１であるアンドープの$Al_uGa_{1-u}N$キャップ層６を用いた場合の発光強度は、半分以下の１９０（任意単位）であった。

【００７９】さらに、Ａｌ組成比ｕが約０．２であるアンドープの$Al_uGa_{1-u}N$キャップ層６を用いた場合の発光強度は、Ａｌ組成比ｕが０．１の場合の３分の１であった。

【００８０】上述からキャップ層６としてＧａＮ層を用いることが最も好ましく、$Al_uGa_{1-u}N$層を使用する場合にもＡｌ組成比ｕがほぼ０．１と小さい方が好ましいことがわかる。ＡｌＧａＮでは、Ａｌ組成比が大きい程バンドギャップが大きくなる。ｐ型クラッド層７のＡｌ組成比は、第１の実施例で述べたように０．２である。キャップ層６のＡｌ組成比が０．１であると、キャップ層６のバンドギャップはｐ型クラッド層７のバンドギャップよりも小さいことになる。このことから、キャップ層６のバンドギャップは、活性層５のバンドギャップとｐ型クラッド層７のバンドギャップの間の大きさが好ましいことが理解できる。

【００８１】次に、本発明の第３の実施例におけるＩＩＩ－Ｖ族窒化物系半導体からなる発光ダイオードを図２を用いて説明する。

【００８２】本実施例が第１の実施例と異なるのは、ＧａＮ下地層３を用いない点であり、製造方法もこのＧａＮ下地層３の形成工程がない点を除いて第１の実施例と同様である。

【００８３】本実施例の発光ダイオードでは、第１の実施例の発光ダイオードと比べて製造歩留りが低下するが、キャップ層６を有さない発光ダイオードに比べて発光強度が大きくなる。

【００８４】なお、上記各実施例の発光ダイオードはｎ型コンタクト層４上に活性層５を備えた構造を有するが、ｎ型コンタクト層４と活性層５との間にｎ型ＡｌＧａＮクラッド層を設けてもよい。また、ｎ型コンタクト層４と活性層５との間にｎ型ＡｌＧａＮクラッド層およびｎ型ＩｎＧａＮ層を設けてもよい。

【００８５】上記各実施例では、活性層５として量子井戸構造でない非量子井戸構造の活性層を用いたが、もちろん、単一量子井戸構造または多重量子井戸構造の活性層を用いてもよい。例えば、活性層５を$In_sGa_{1-s}N$（１＞ｓ＞０）量子井戸層からなる単一量子井戸構造としてもよく、あるいは$In_sGa_{1-s}N$（１＞ｓ＞０）量子井戸層と$In_rGa_{1-r}N$（１＞ｓ＞ｒ≧０）量子障壁層とからなる多重量子井戸構造としてもよい。

【００８６】$In_sGa_{1-s}N$（１＞ｓ＞０）量子井戸層とＧａＮ量子障壁層とからなる多重量子井戸構造を用いる場合、ＧａＮ量子障壁層は７００℃以上９５０℃以下の成長温度で形成することが好ましく、量子井戸層および量子障壁層の成長温度をほぼ等しくすることが好ましい。

【００８７】また、上記各実施例の発光ダイオードでは、ＳｉおよびＺｎがドープされた活性層５を用いているが、アンドープの活性層を用いてもよい。

【００８８】次に、本発明の第４の実施例における屈折率導波型半導体レーザ素子を図３を用いて説明する。この半導体レーザ素子はセルフアライン型半導体レーザ素子である。図３において、サファイア絶縁基板１１上に、層厚約１００～２００ÅのアンドープのＡｌＧａＮバッファ層１２、層厚０．４μｍのアンドープのＧａＮ下地層１３、層厚４μｍのｎ型ＧａＮコンタクト層１４、および層厚０．１～０．５μｍのｎ型ＡｌＧａＮクラッド層１５が順に形成されている。ｎ型ＡｌＧａＮクラッド層１５上には、ＩｎＧａＮ活性層１６、層厚２００～４００Åのアンドープの ＧａＮキャップ層１７、および層厚０．１～０．５μｍのｐ型ＡｌＧａＮクラッド層１８が順に形成されている。

【００８９】ｐ型ＡｌＧａＮクラッド層１８上には、中央部にストライプ状の開口部を有する層厚０．２～０．３μｍのｎ型ＧａＮまたはｎ型ＡｌＧａＮからなる電流ブロック層１９が形成されている。ｎ型電流ブロック層１９の上面およびストライプ状の開口部内には、層厚０．１～０．５μｍのｐ型ＧａＮコンタクト層２０が形成されている。

【００９０】ｐ型ＧａＮコンタクト層２０上にｐ側電極２１が形成され、ｎ型ＧａＮコンタクト層１４上にｎ側電極２２が形成されている。

【００９１】活性層１６としては、非量子井戸構造層を用いてもよく、あるいは単一量子井戸構造層または多重量子井戸層を用いてもよい。非量子井戸構造層の場合には、層厚を０．１～０．３μｍ程度とする。単一量子井戸構造層の場合には、量子井戸層の層厚を１０～５０Åとし、多重量子井戸構造層に場合には、量子井戸層の層厚を１０～５０Åとし、量子障壁層の層厚を１０～１００Å程度とする。

【００９２】この半導体レーザ素子は、ＭＯＶＣＤ法等の化学気相成長法を用いて１回の結晶成長により作製される。製造の際には、アンドープのＡｌＧａＮバッファ層１２の成長温度を６００℃とし、アンドープのＧａＮ下地層１３、ｎ型ＧａＮコンタクト層１４およびｎ型ＡｌＧａＮクラッド層１５の成長温度を１１５０℃とし、ＩｎＧａＮ活性層１６およびＧａＮキャップ層１７の成長温度を７００～９５０℃とし、ｐ型ＡｌＧａＮクラッド層１８、ｎ型電流ブロック層１９およびｐ型ＧａＮコンタクト層２０の成長温度を１１５０℃とする。

【００９３】本実施例の半導体レーザ素子においても、キャップ層１７を有さない半導体レーザ素子に比べて発光強度が大きくなる。

【００９４】次に、本発明の第５の実施例における屈折率導波型半導体レーザ素子を図４を用いて説明する。この半導体レーザ素子はリッジ埋め込み型導体レーザ素子である。

【００９５】図４において、サファイア絶縁基板３１上に、層厚１００～２００ÅのアンドープのＡｌＧａＮバッファ層３２、層厚０．４μｍのアンドープのＧａＮ下地層３３、層厚４μｍのｎ型ＧａＮコンタクト層３４、および層厚０．１～０．５μｍのｎ型ＡｌＧａＮ層クラッド層３５が順に形成されている。ｎ型ＡｌＧａＮクラッド層３５上には、ＩｎＧａＮ活性層３６、層厚２００～４００ÅのアンドープのＧａＮキャップ層３７、および層厚０．１～０．５μｍのｐ型ＡｌＧａＮクラッド層３８が順に形成されている。なお、ＩｎＧａＮ活性層３６の構造および層厚は第４の実施例のＩｎＧａＮ活性層１６と同様である。

【００９６】ｐ型ＡｌＧａＮクラッド層３８は、平坦部とその平坦部の中央部上に形成されたリッジ部とを有する。ｐ型ＡｌＧａＮクラッド層３８のリッジ部上には、層厚０．１μｍのｐ型ＧａＮからなるｐ型キャップ層３９が形成されている。ｐ型ＡｌＧａＮクラッド層３８の平坦部上面およびリッジ部側面ならびにｐ型キャップ層３９の側面には、層厚０．２～０．３μｍのｎ型ＧａＮまたはｎ型ＡｌＧａＮからなる電流ブロック層４０が形成されている。ｐ型キャップ層３９上およびｎ型電流ブ

15

ロック層４０上には、層厚0．１～0．５μmのｐ型ＧａＮコンタクト層４１が形成されている。

【００９７】ｐ型ＧａＮコンタクト層４１上にはｐ側電極４２が形成され、ｎ型ＧａＮコンタクト層３４上にはｎ側電極４３が形成されている。

【００９８】この半導体レーザ素子は、ＭＯＣＶＤ法等の化学気相成長法を用いて３回の結晶成長で作製される。製造の際には、アンドープのＡｌＧａＮバッファ層３２の成長温度を６００℃とし、アンドープのＧａＮ下地層３３、ｎ型ＧａＮコンタクト層３４およびｎ型ＡｌＧａＮクラッド層３５の成長温度を１１５０℃とし、ＩｎＧａＮ活性層３６およびアンドープのＧａＮキャップ層３７の成長温度を７００～９５０℃とし、ｎ型ＡｌＧａＮクラッド層３８、ｐ型キャップ層３９、ｎ型電流ブロック層４０およびｐ型ＧａＮコンタクト層４１の成長温度を１１５０℃とする。

【００９９】本実施例の半導体レーザ素子においても、キャップ層３７を有さない半導体レーザ素子に比べて発光強度が大きくなる。

【０１００】次に、本実施例の第６の実施例における利得導波型半導体レーザ素子を図５を用いて説明する。

【０１０１】図５において、サファイア絶縁基板５１上に、層厚１００～２００Åのアンドープの$Al_xGa_{1-x}N$バッファ層５２、層厚0．４μmのアンドープのＧａＮ下地層５３、層厚４μmのｎ型ＧａＮコンタクト層５４、および層厚0．１～0．５μmのｎ型ＡｌＧａＮクラッド層５５が順に形成されている。

【０１０２】ｎ型ＡｌＧａＮクラッド層５５上には、ＩｎＧａＮ活性層５６、層厚２００～４００ÅのアンドープのＧａＮキャップ層５７、層厚0．１～0．５μmのｐ型ＡｌＧａＮクラッド層５８、および層厚0．１～0．５μmのｐ型ＧａＮコンタクト層５９が順に形成されている。なお、ＩｎＧａＮ活性層５６の構造および層厚は、第４の実施例のＩｎＧａＮ活性層１６と同様である。

【０１０３】ｐ型ＧａＮコンタクト層５９上には、中央部にストライプ状の開口部を有するSiO_2、ＳｉＮまたはｎ型ＧａＮからなる電流ブロック層６０が形成されている。ｐ型ＧａＮコンタクト層５９上にはｐ側電極６１が形成され、ｎ型ＧａＮコンタクト層５４上にはｎ側電極６２が形成されている。

【０１０４】本実施例の半導体レーザ素子は、ＭＯＣＶＤ法等の化学気相成長法を用いて１回の結晶成長で作製される。製造の際には、アンドープのＡｌＧａＮバッファ層５２の成長温度を６００℃とし、アンドープのＧａＮ下地層５３、ｎ型ＧａＮコンタクト層５４およびｎ型ＡｌＧａＮクラッド層５５の成長温度を１１５０℃とし、ＩｎＧａＮ活性層５６およびアンドープのＧａＮキャップ層５７の成長温度を７００～９５０℃とし、ｐ型ＡｌＧａＮクラッド層５８およびｐ型ＧａＮコンタクト層５９の成長温度を１１５０℃とする。

16

【０１０５】本実施例の半導体レーザ素子においても、キャップ層５７を有さない半導体レーザ素子に比べて発光強度が大きくなる。

【０１０６】上記第１～第６の実施例では、絶縁基板上に半導体層を備えた発光素子について説明したが、本発明は、ＳｉＣ基板等の導電性基板上に半導体層を備え、この半導体層の最上層の上面と基板の下面に電極を有する発光素子にも同様に適用することができる。

【０１０７】また、上述では、ｎ型クラッド層上に活性層、キャップ層およびｐ型クラッド層をこの順序で形成しているが、ｐ型クラッド層上に活性層、キャップ層およびｎ型クラッド層をこの順序で形成してもよく、すなわち、第１～第６の実施例において各層の導電型を逆にしてもよい。

【０１０８】また、上記第１～第６の実施例では、本発明を発光ダイオード、半導体レーザ素子等の発光素子に適用する場合について説明したが、本発明は、電界効果トランジスタ等の、Ｉｎを含有する化合物半導体層を備えた半導体素子にも適用可能である。

【０１０９】例えば、図６に示す構造では、ｎ型ＧａＮ層７１上にｎ型ＡｌＧａＮ層７２およびＩｎＧａＮ層７３が順に形成され、ＩｎＧａＮ層７３上にアンドープのＧａＮキャップ層７４を介してｐ型ＳｉＣ層７５が形成されている。この場合、ＩｎＧａＮ層７３およびＧａＮキャップ層７４を７００～９５０℃の成長温度で形成し、ｐ型ＳｉＣ層７５を１３００～１５００℃の成長温度で形成する。この例においても、ＩｎＧａＮ層７３上にアンドープのＧａＮキャップ層７４が形成されているので、ＩｎＧａＮ層７３からＩｎ等の構成元素が脱離することが抑制される。

【０１１０】また、図７の構造では、ｎ型ＳｉＣ層８１上にＩｎＧａＮ層８２が形成され、ＩｎＧａＮ層８２上にアンドープのＧａＮキャップ層８３を介してｐ型ＳｉＣ層８４が形成されている。この場合にも、ＩｎＧａＮ層８２およびアンドープのＧａＮキャップ層８３を７００～９５０℃の成長温度で形成し、ｐ型ＳｉＣ層８４を１３００～１５００の成長温度で形成する。この例においても、ＩｎＧａＮ層８２上にアンドープのＧａＮキャップ層８３が形成されているので、ＩｎＧａＮ層８２からＩｎ等の構成元素が脱離することが抑制される。

【０１１１】上記第１～第３の実施例の発光ダイオードは、光ファイバ通信システム用光源、フォトカプラ用光源、単色または多色パイロットランプ、数字表示器、レベルメータ、ディスプレイ等の表示装置用の光源、ファクシミリ装置用光源、プリンタヘッド、信号機、ハイビームランプ等の自動車用ランプ、液晶テレビジョン装置、液晶表示装置用バック光源、アミューズメントシステム等に用いることができる。

【０１１２】また、上記第４～第６の実施例の半導体レ

17

ーザ素子は、レーザメス、光通信システム用光源、ＤＶＤ（デジタルビデオディスク）等のディスクシステムの光ピックアップ装置用光源、カラーレーザビームプリンタ用光源、レーザ加工装置用光源、レーザホログラフィ用光源、レーザディスプレイ用光源、アミューズメントシステム用光源等に用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の第１の実施例における発光ダイオードの模式的断面図である。

【図２】本発明の第３の実施例における発光ダイオードの模式的断面図である。

【図３】本発明の第４の実施例における半導体レーザ素子の模式的断面図である。

【図４】本発明の第５の実施例における半導体レーザ素子の模式的断面図である。

【図５】本発明の第６の実施例における半導体レーザ素子の模式的断面図である。

18

【図６】本発明を適用可能な構造の一例を示す模式的断面図である。

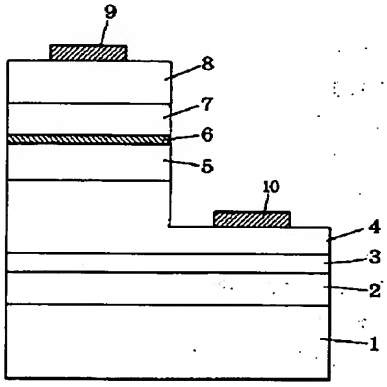
【図７】本発明を適用可能な構造の他の例を示す模式的断面図である。

【図８】従来の発光ダイオードの模式的断面図である。

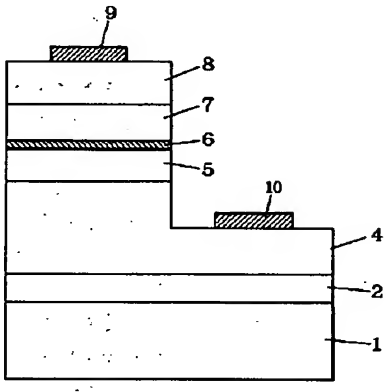
【符号の説明】

１，１１，３１，５１　サファイヤ絶縁基板
２，１２，３２，５２　ＡｌＧａＮバッファ層
３　ＧａＮ下地層
４　ＧａＮコンタクト層
５，１６，３６，５６　ＩｎＧａＮ活性層
６，１７，３７，５７　ＧａＮキャップ層
７，１８，３８，５８　ＡｌＧａＮクラッド層
１５，３５，５４　ＡｌＧａＮクラッド層

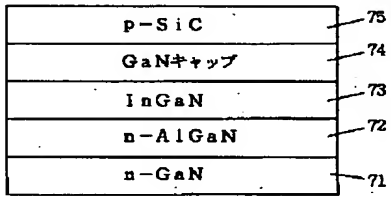
【図１】



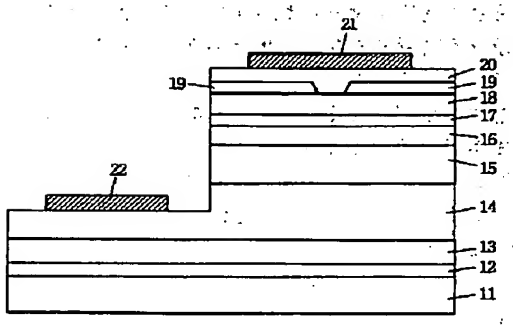
【図２】



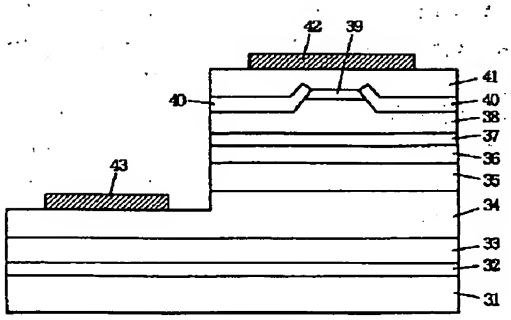
【図６】



【図３】

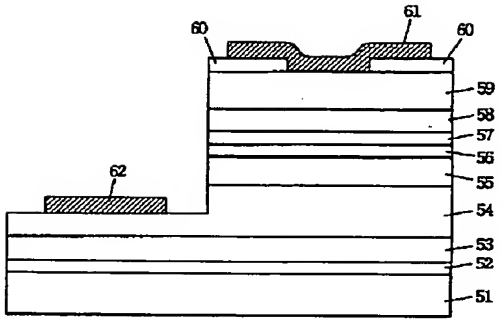


【図４】

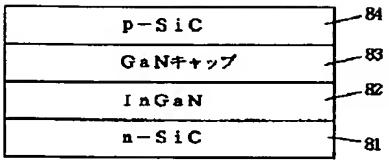


BEST AVAILABLE COPY

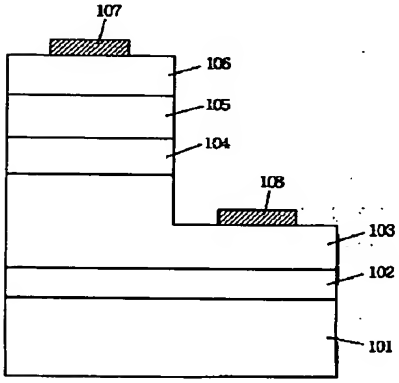
【図５】



【図７】



【図８】



【手続補正書】
【提出日】平成９年３月１２日
【手続補正１】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００２４
【補正方法】変更
【補正内容】

【００２４】第１のクラッド層は、半導体または絶縁体からなる基板上に$Al_xGa_{1-x}N$からなるバッファ層を介して形成されてもよく、バッファ層のＡｌ組成比ｘは０より大きく１以下であることが好ましい。これにより、製造歩留りが向上する。

フロントページの続き

(72)発明者　松下　保彦
大阪府守口市京阪本通２丁目５番５号　三洋電機株式会社内

(72)発明者　八木　克己
大阪府守口市京阪本通２丁目５番５号　三洋電機株式会社内

BEST AVAILABLE COPY